

## MS-MANIPULATOR DI INSTALASI RADIOMETALURGI DAN PERMASALAHANNYA

**Antonio Gogo**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

#### **MS-MANIPULATOR DI INSTALASI RADIOMETALURGI DAN PERMASALAHANNYA.**

Tulisan ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengelolaan MS-manipulator, yang merupakan hasil studi dan pengalaman penulis serta komunikasi dengan pihak pembuat manipulator. Kerusakan *Master Slave* manipulator (MS-manipulator) di Instalasi Radiometalurgi, antara lain; *booting* sebanyak 8 unit, terputusnya mekanisme gerakan naik-turun *slave arm* sebanyak 4 unit dan terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator 4 unit. Penggantian *booting* dilakukan dengan menarik keluar MS-manipulator ke daerah operasi (*operating area*) dan menggunakan alat pengganti *booting*. Kerusakan pada mekanisme gerak naik-turun *slave arm* ditangani dengan perbaikan di luar *hotcell*. *Slave arm* didekontaminasi terlebih dahulu, dan proses perbaikan dilakukan di dalam *fume hood* apabila sulit didekontaminasi. Terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator dapat ditangani dari daerah operasi (*remotely*). Penarikan MS-manipulator ke daerah operasi merupakan kunci keberhasilan untuk mengatasi kerusakan *booting* dan terputusnya mekanisme pada gerakan naik-turun *slave arm* serta untuk mengatasi terputusnya gerak jepit telapak manipulator. Tenaga ahli MS-manipulator diperlukan untuk pelatihan, penyusunan keperluan suku cadang dan fasilitas/peralatan pendukung sehingga penyusunan anggaran dapat disusun dengan baik dan terpercaya.

Kata kunci : MS-manipulator, *hotcell*, perbaikan, instalasi radiometalurgi

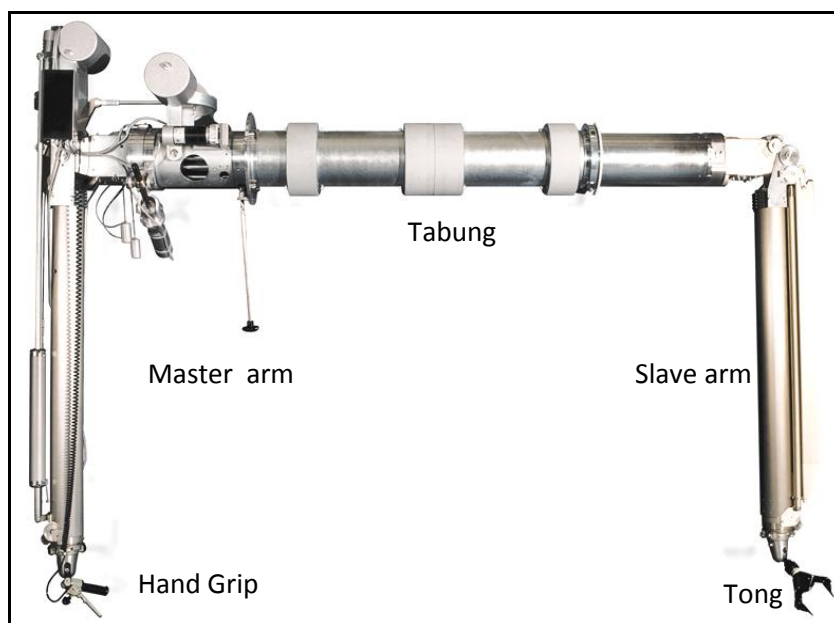
### PENDAHULUAN

Ms-manipulator di *hotcell-hotcell* pada fasilitas uji pasca iradiasi seperti Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan representasi dari tangan operator dalam melakukan kegiatan uji pasca iradiasi dan pengelolaan fasilitas tersebut sehingga merupakan alat *handling* utama untuk melakukan pekerjaan di dalam *hotcell*. Pengelolaan di dalam *hotcell* meliputi pengelolaan material uji pasca iradiasi dan limbah, perbaikan alat (*remotely*), penataan bahan nuklir dan lainnya. Mengingat fungsi alat tersebut, maka selayaknyalah MS-manipulator mendapat perhatian khusus yang merupakan bagian dari pengelolaan IRM atau fasilitas uji pasca iradiasi.

Instalasi Radiometalurgi menggunakan 34 unit MS-manipulator buatan *Hans Walischmiller GmbH (HWM)* dengan tipe A100 (KAEL), tahun 1988. MS-manipulator tipe A100 ini telah dikembangkan di HWM sejak tahun 1963. Di IRM, *concrete cell* uji (nomor 01 s/d 03) menggunakan 12 MS-manipulator dengan panjang lengan *slave arm* 1370 mm (E) dan tebal dinding (W) 1200 mm. Untuk MS-manipulator lainnya (22 unit) panjang lengan *slave arm* 980 mm (E) tetapi dengan tebal dinding perisai radiasi

gamma (W) yang berbeda (Gambar 1 dan Gambar 2). *Hotcell* uji nomor 08, 09, 10, 11 dan 12 dengan W sebesar 350 mm dan *hotcell* uji nomor 04, 05, 06 dan 07 (8 unit MS-manipulator) dengan W sebesar 425 mm.

Pada prinsip dasarnya MS-manipulator dibagi menjadi 3 (tiga) bagian utama yaitu; *master arm* pada *safe area* (daerah operasi), tabung di dalam dinding *hotcell* (perisai radiasi gamma) dan *slave arm* pada *hostile area* (*hotcell*) seperti disajikan pada Gambar 1. Ketika si operator menggerakkan *handgrip* dari *master arm* di daerah operasi (*operating area*), gerakan tersebut direproduksi pada *tong* atau telapak dari *slave arm* di dalam *hotcell*. Untuk membantu si operator melihat ke dalam *hotcell* dari luar *hotcell* (daerah operasi) digunakan jendela yang terbuat dari *lead glass*, yang juga berfungsi sebagai perisai radiasi.



Gambar 1. Bagian Utama MS-manipulator <sup>[2]</sup>.

### Data Teknis MS-manipulator

Beberapa data mengenai spesifikasi teknis dari MS-manipulator di IRM disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2. Kemampuan angkat maksimum secara vertikal dari MS-manipulator tersaji pada baris no.1 dan 2 dari Tabel 1, serta data berat setiap bagian utama dari MS-manipulator. Data berat ini dapat dijadikan salah satu dari kriteria desain dari perancangan *stager* manipulator (500 kg), dengan berat maksimum

MS-manipulator utuh sekitar 310 kg ditambah perkiraan berat personel (dua orang) di atas *stager* tersebut sehingga perkiraan total beban *stager* MS-manipulator sebesar 500 kg. Pada Tabel 2 berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat spesifikasi utama dari panjang lengan *slave arm* dan *master arm* dari masing-masing MS-manipulator di *hotcell-hotcell* IRM.

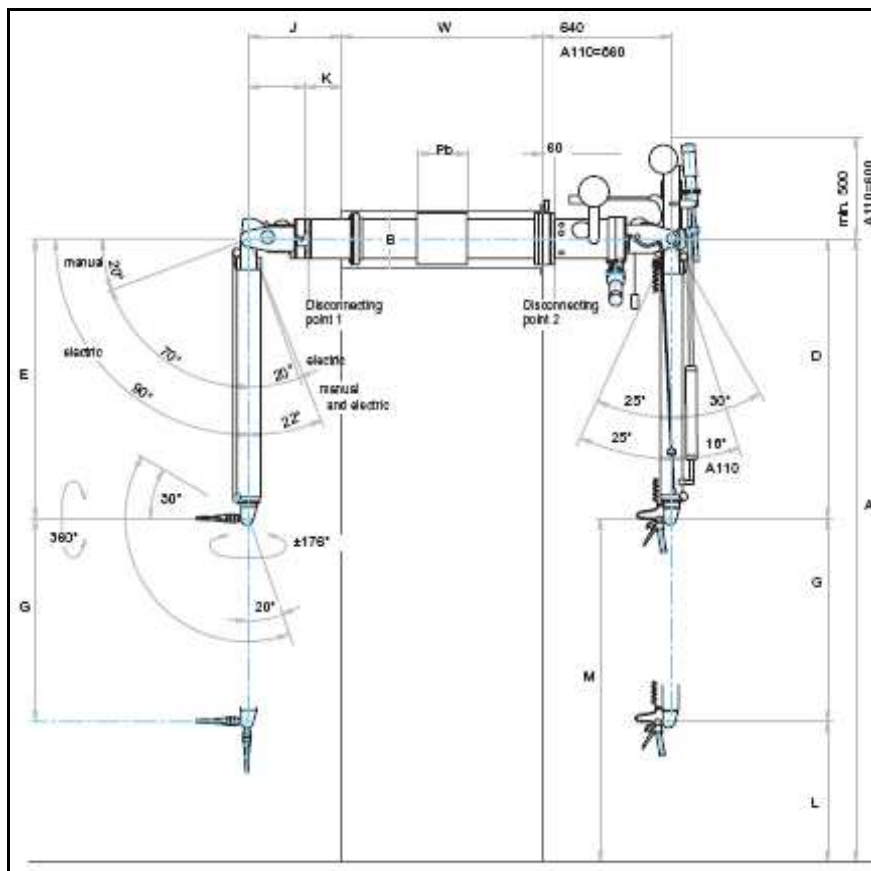
Tabel 1. Data Teknis Desain Standard MS-manipulator A-100 <sup>[2]</sup>.

No.	Kapasitas dan Berat per Bagian Utama	Data Teknis
1.	Kapasitas angkat vertikal dengan jepitan jari 25 kg. Penanganan pada posisi <i>slave arm</i> tidak tegak lurus kurang dari 25 kg.	s/d 25 kg
2.	Kapasitas angkat maksimum, tegak lurus menggunakan kaitan beban ( <i>hook</i> khusus untuk MS-manipulator), bukan dijepit dengan jari.	s/d 80 kg
3.	Berat <i>master arm</i> (tergantung dari ukurannya).	135 s/d 190 kg
4.	Berat <i>slave arm</i> (tergantung dari ukurannya).	28 s/d 36 kg
5.	Berat tabung tipe <i>gastight</i> tanpa Pb sebagai perisai radiasi ( <i>shielding</i> ).	80 kg
6.	Berat tabung tipe <i>non-gastight</i> tanpa Pb sebagai perisai radiasi ( <i>shielding</i> ).	60 kg

Tabel 2: Data teknis berdasarkan Gambar 2

No.	MS-manipulator pada <i>hotcell</i> uji nomor;	E (mm)	G (mm)	M (mm)	L (mm)	A (mm)	W (mm)
1.	01, 02 dan 03	1370 <sup>[3]</sup>	990	1730	740	3160	1200
2.	04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12	980 <sup>[3]</sup>	670	1470	800	2520	300 (08 s/d 12) & 350 (04 s/d 07)

Catatan : Kecuali "E", data lainnya diperoleh dengan pengukuran dilapangan



Keterangan Gambar:

- A: Tinggi sumbu tabung MS-manipulator dari lantai
- B: Diameter lubang pada dinding
- D: Tinggi *master arm* (tertarik penuh) dari sumbu
- E: Tinggi *slave arm* (tertarik penuh) dari sumbu
- G: Tinggi maksimum bagian *master/slave arm* yang dapat ditarik
- J: Jarak sumbu *slave arm* ke dinding
- K: Panjang bagian tabung di dalam *hotcell*
- L: Tinggi lengan *master arm* minimum dari lantai
- M: Tinggi lengan *master arm* maksimum dari lantai
- W: Tebal dinding *hotcell*

Gambar 2. Data Teknis yang diperlukan untuk Instalasi MS-manipulator <sup>[1]</sup>

## METODOLOGI

Untuk mengatasi permasalahan ini, maka penulis melakukan studi dokumen *Operating Manual MS-manipulator*, memperhatikan pengalaman mengoperasikan dan menangani MS-manipulator, serta komunikasi dengan berbagai pihak terutama dengan pihak pembuat MS-manipulator (*Hans Walischmiller GmbH*). Diharapkan informasi yang tertuang pada tulisan ini dapat bermanfaat untuk pengelolaan MS-manipulator di Instalasi Radiometalurgi ataupun di tempat lainnya seperti di Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy yang menggunakan MS-manipulator yang sama.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampai dengan akhir tahun 2011, dari 34 unit MS-manipulator di IRM, terdapat 12 unit MS-manipulator yang rusak dengan tingkat kerusakan yang berbeda, antara lain;

- a. Kerusakan pada *booting (contamination protection)* atau pembungkus *slave arm*, sebanyak 8 unit (*hotcell* uji nomor 02 dan 03)

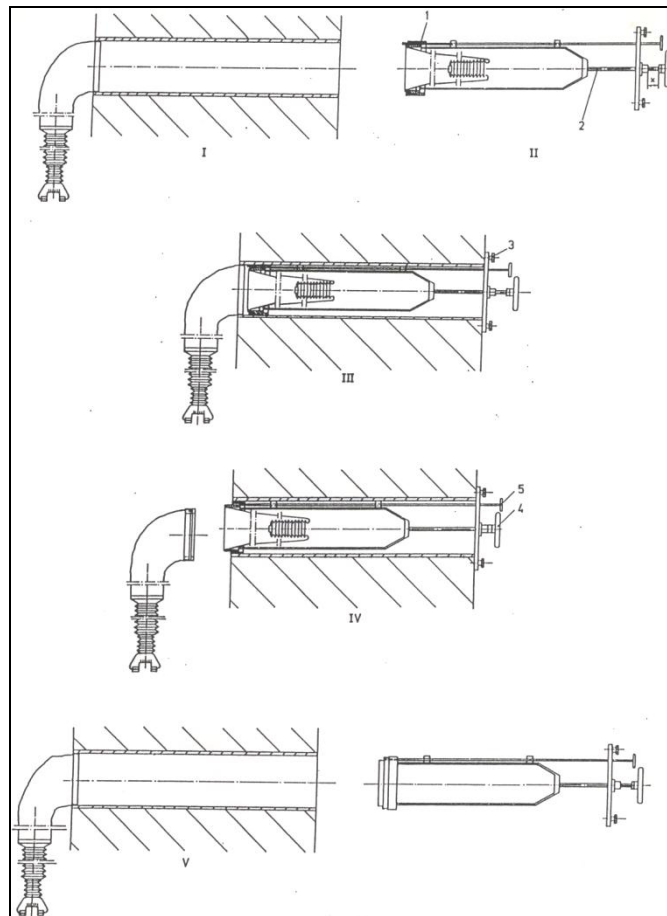
- b. Terputusnya mekanisme gerakan naik-turun *slave arm* sebanyak 4 unit (3 unit di *hotcell* uji nomor 02 dan 1 unit di *hotcell* uji nomor 03), seperti pada Gambar 4.
- c. Terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator, 1 unit di *hotcell* uji nomor 01, 2 unit di *hotcell* uji nomor 02 dan 1 unit di *hotcell* uji nomor 04.

### **Teknis Penanganan Kerusakan pada *booting***<sup>[1]</sup>

*Booting* atau *gaiter* berfungsi sebagai proteksi terhadap kontaminasi pada *slave arm*, terutama pada *hotcell-hotcell* dengan tingkat kontaminasi sangat tinggi (*meat* bahan bakar terbuka). Kerusakan ini dapat ditangani dengan penggantian *booting* yang rusak dengan yang baru, yang dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menarik keluar MS-manipulator ke daerah operasi dan *booting* yang lama/ yang rusak tetap tertinggal/terpasang (Gambar 3-I). *Booting* yang baru dipasang pada *Alat Pengganti Booting* (APB, Gambar 3-II), dengan sambungan *booting* berada pada posisi atas dari *marking*, serta dengan posisi poros dengan *handwheel* berjarak minimal 50 mm (item 2 Gambar 3-II) dari APB, kemudian APB dengan *booting* baru tersebut dimasukkan ke lubang MS-manipulator (*wall tube*) pada dinding *hotcell* dan dipasang ke dinding dengan mengencangkan baut no.3 (Gambar 3-III). Dengan memutar *handwheel* searah jarum jam maka *booting* yang baru akan terdorong sampai ke posisi ujung bersamaan dengan mendorong *booting* yang lama dan terjatuh ke dalam *hotcell* (Gambar 3-IV). Selama proses memasukkan *booting* baru ke *wall tube*, garpu pengencang (*tightening fork*) item 5 terbuka, yang berarti bahwa posisinya tidak pada posisi vertikal. *Booting* sudah terpasang di *hotcell* (Gambar 3-V).

### **Teknis Penanganan Terputusnya mekanisme gerakan naik-turun *slave arm***

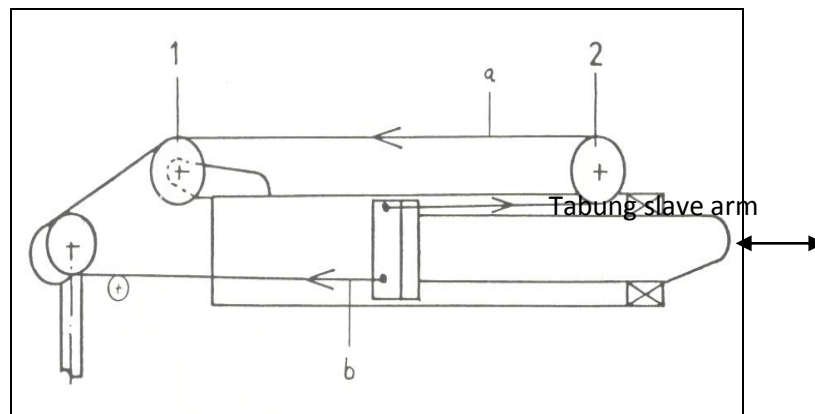
Kerusakan ini dapat ditangani dengan melakukan perbaikan di luar *hotcell*, setelah *slave arm* didekontaminasi terlebih dahulu, karena *booting* sebagai proteksi terhadap kontaminasi dalam keadaan rusak, dan proses perbaikan dilakukan di dalam *fumehood* apabila sulit didekontaminasi. Proses penarikan MS-manipulator keluar ke daerah operasi merupakan langkah penentu untuk melakukan perbaikan. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan *power manipulator* (*hotcell* uji 02 dan 03), untuk meluruskan posisi *slave arm* agar dapat ditarik keluar. Selanjutnya perbaikan dapat dilakukan dengan mengganti *tape a* dan *tape b* dari *slave arm* (Gambar 4 dan 5), yang terputus.



Gambar 3. Penggantian *Booting* <sup>[1]</sup>



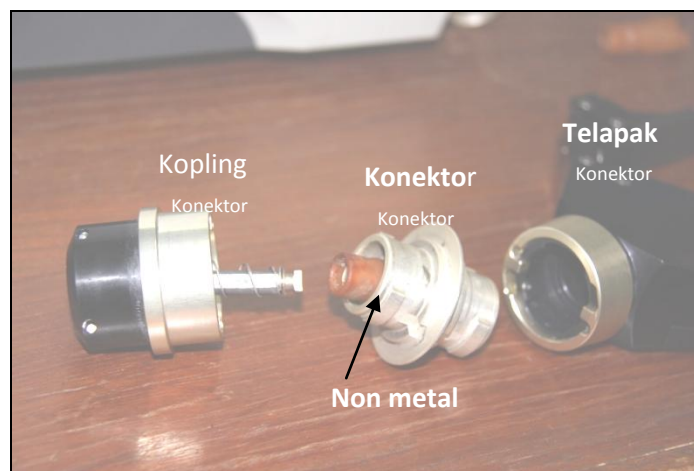
Gambar 4. Terputusnya mekanisme gerakan naik-turun *slave arm* dan kerusakan *booting*

Gambar 5. Tape a dan tape b (1 & 2, pulley)<sup>[1]</sup>

### Teknis Penanganan Terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator

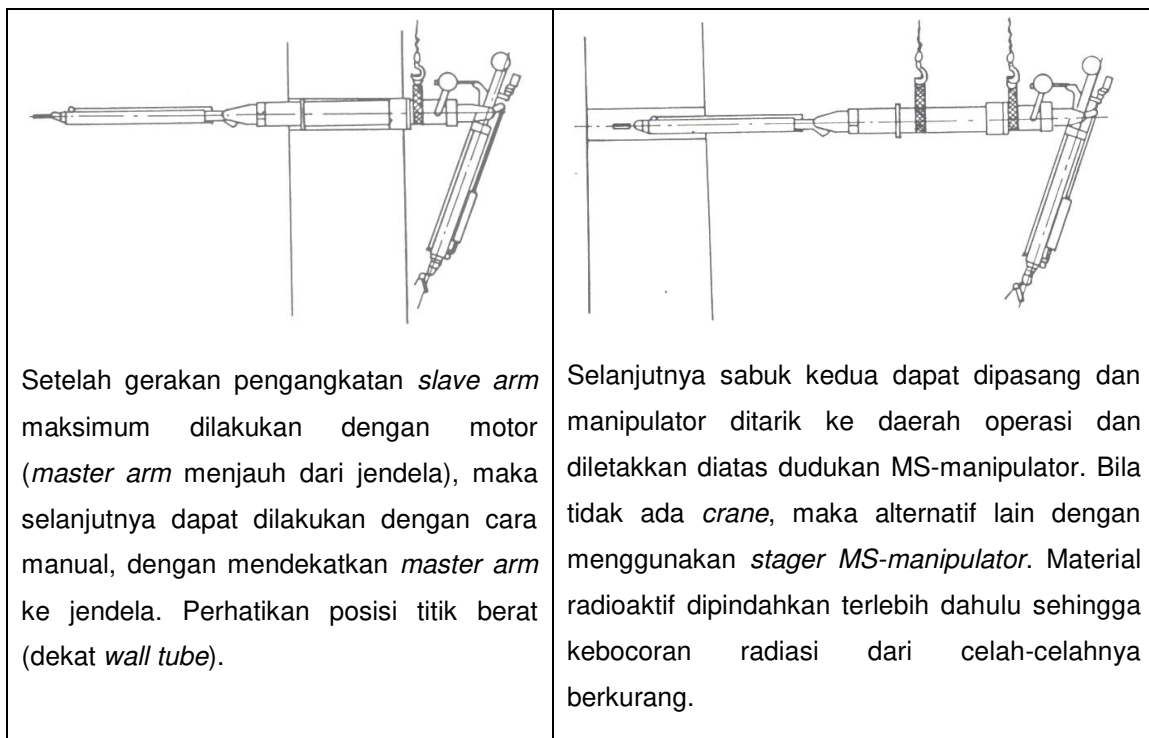
Kerusakan ini dapat ditangani dari daerah operasi (*remotely*) apabila konektor antara kopling dan telapak MS-manipulator masih berfungsi dengan baik. Perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan MS-manipulator Changing Device (MCD) yang telah ditempatkan sebelumnya di dalam *hotcell* tersebut. Beberapa MCD telah ditempatkan ke dalam *hotcell*, antara lain pada *hotcell* uji nomor; 01, 02 dan 03, 04, 05, 06 dan 07.

Ada bagian dari konektor yang masih menggunakan bahan non metal sehingga sering rusak dan menjadi masalah untuk mengatasi terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator (Gambar 6). Kemungkinan konektor jenis ini tidak digunakan lagi pada MS-manipulator baru dari HWM. Hal ini perlu ditanya ke pihak HWM untuk memastikan alternatif penanganan kerusakan ini.



Gambar 6. Konektor Kopling dan Telapak Slave Arm

Dari beberapa kerusakan tersebut dapat diatasi apabila MS-manipulator dapat ditarik keluar dari *hotcell* ke daerah operasi dengan benar dan aman diperbaiki, dan dapat dipasang kembali dengan benar dan aman pula. Beberapa alternatif cara penarikan manipulator ke daerah operasi disajikan pada Gambar 7 dan 8. Hal ini tidak mudah dilakukan mengingat pengalaman yang belum memadai, serta masih terdapatnya material radioaktif dan tingkat kontaminasi yang tinggi di dalam *hotcell-hotcell* uji tersebut, terutama *hotcell* uji nomor 02 dan 03. Petunjuk manual dari MS-manipulator dapat dijadikan acuan untuk penarikan dan perbaikan MS-manipulator tersebut.



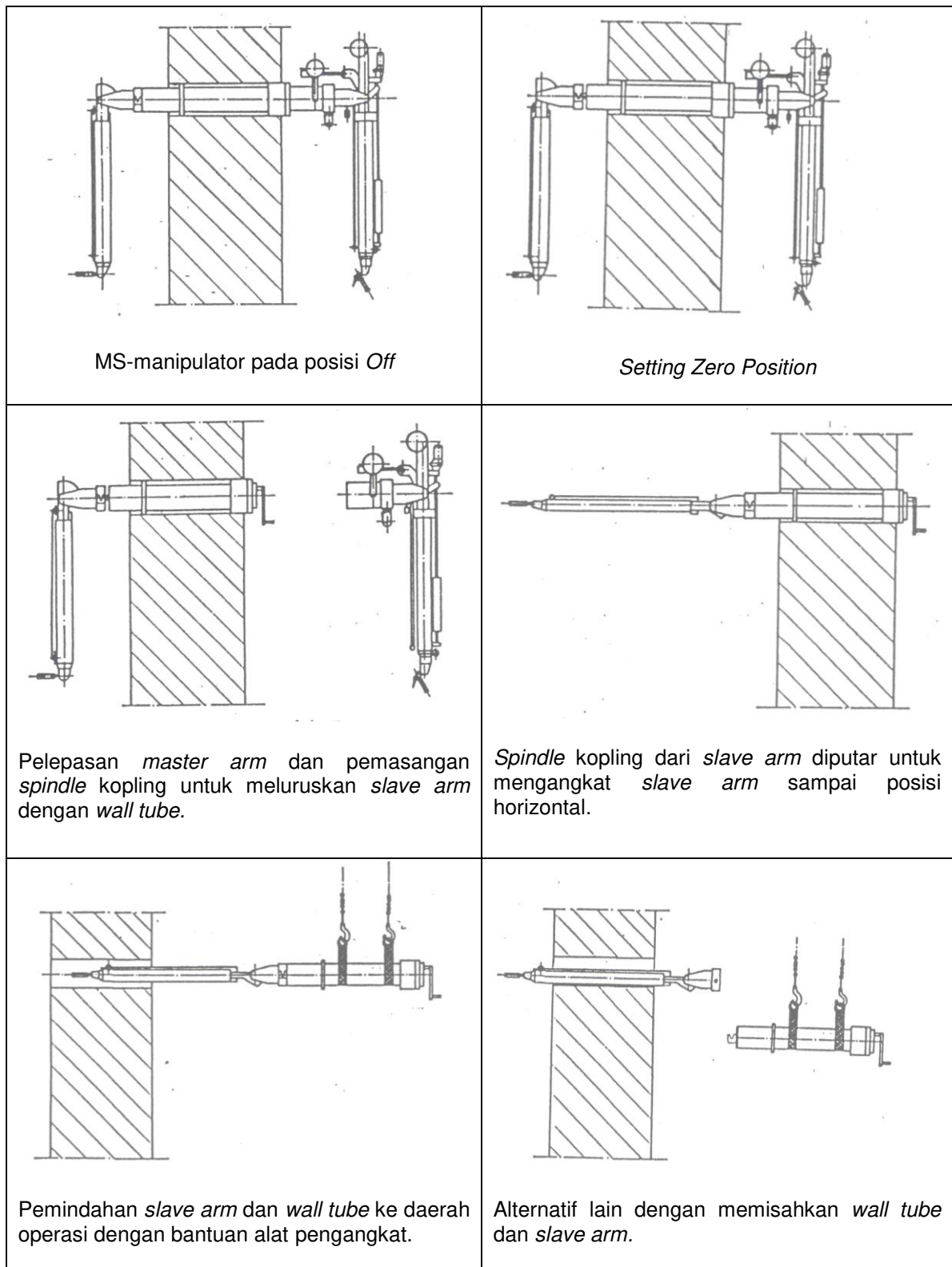
Gambar 7. Alternatif-1, tahapan penarikan MS-manipulator ke daerah operasi (bila ruang yang tersedia di daerah operasi cukup luas) <sup>[1]</sup>

### Permasalahan lainnya

Sejak IRM dioperasikan (1992) beberapa *hotcell* uji telah aktif digunakan (01 s/d 07 dan 09) dan beberapa *hotcell* uji belum aktif digunakan (10, 11, 08 dan 12). Kerusakan MS-manipulator secara umum terdapat pada *hotcell-hotcell* yang telah aktif digunakan. Dengan demikian telah terkontaminasi (rendah sampai sangat tinggi). Beberapa kendala yang ditemukan, antara lain;

- Belum dikuasanya teknik perbaikan MS-manipulator secara menyeluruh.





Gambar 8. Alternatif-2, rangkaian tahapan penarikan MS-manipulator ke *operating area* (bila ruang yang tersedia di daerah operasi terbatas) <sup>[1]</sup>

- Belum adanya pengalaman untuk menarik MS-manipulator yang sudah terkontaminasi dari *hotcell* ke daerah operasi agar dapat diperbaiki.
- Pelatihan perbaikan MS-manipulator yang memadai dan menyeluruh belum dilakukan.
- Belum adanya personel yang khusus ditugaskan untuk menangani perbaikan MS-manipulator. Sebagai contoh di *Gross Heizen Zelle* (GHZ), *KFA Juelich*, terdapat dua orang teknisi yang ditugaskan khusus untuk perbaikan MS-manipulator.
- Belum tersedianya bengkel MS-manipulator yang dilengkapi dengan *fume hood* untuk dekontaminasi ringan dan perbaikan.
- Belum tersedianya suku cadang yang lengkap serta gudang penyimpanan serta kelengkapannya seperti rak untuk menggantung *master arm* dan *slave arm*. Sebagai contoh untuk *slave arm*, idealnya dibutuhkan sebanyak 8 unit untuk suku cadangnya, dengan pertimbangan terdapat 12 MS-manipulator untuk *concrete cell* (kondisi sekarang dengan 4 unit *slave arm* rusak) sehingga diperlukan 4 unit suku cadang *slave arm* serta 4 unit suku cadang *slave arm* untuk 22 unit MS-manipulator di *steel cell*.
- Perlu disiapkan anggaran yang memadai. Sebagai contoh anggaran untuk 8 unit *slave arm*. Pagu anggaran yang harus dipersiapkan per-unit *slave arm* sekitar Rp. 330.000.000,-. Pagu anggaran untuk 8 unit *slave arm*, Rp. 2.640.000.000,-. Sebagai contoh kedua; Anggaran pelatihan dengan mendatangkan tenaga ahli dari HWM selama 1 minggu, sekitar Rp. 205.000.000,-. Apabila pelatihannya dilaksanakan di fasilitas HWM (Jerman) selama 1 minggu, maka biaya pelatihan saja untuk satu personel sekitar Rp. 44.000.000,-; belum termasuk biaya lainya seperti transportasi, akomodasi, makan dan lainnya.
- Agar keperluan anggaran terencana dengan baik, maka dipandang perlu juga mengundang tenaga ahli MS-manipulator untuk memberikan rekomendasi keperluan suku cadang, fasilitas pendukung, pelatihan dan biaya lainya sehingga kebutuhan anggaran secara menyeluruh dapat disusun lebih baik dan terpercaya.

#### **Perbaikan yang pernah dilakukan**

- Penggantian semua kabel *power* penghubung *hand grip* dan kotak *relay* (34 unit MS-manipulator).

- Perbaikan pada tombol elektrik di *hand grip*.
- Penggantian *relay*.
- Penggantian jari (6 unit MS-manipulator).
- Perbaikan gerak jepit jari MS-manipulator yang terputus (menggunakan konektor yang lama).

## KESIMPULAN

1. Penarikan MS-manipulator ke daerah operasi, kunci keberhasilan untuk mengatasi kerusakan *booting* dan terputusnya mekanisme pada gerakan naik-turun *slave arm*.
2. Ketersediaan konektor antara kopling dan telapak MS-manipulator untuk mengatasi terputusnya mekanisme gerak jepit jari MS-manipulator.
3. Perlunya pelatihan yang memadai dan menyeluruh bagi operator *hotcell* IRM.
4. Perlunya disediakan anggaran yang memadai untuk;
  - mengundang tenaga ahli MS-manipulator dari *Hans Walischmiller Gmbh.*, untuk pelatihan perbaikan dan membantu dalam menyusun kebutuhan-kebutuhan lain bagi pengelolaan MS-manipulator.
  - melengkapi fasilitas pendukung, seperti; bengkel dan gudang, *fume hood*, suku cadang dan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. HWM HANS WALISCHMILLER GMBH, "Dokumen Operating Manual MS-manipulator A100/ A 101, A 110/ A 111 Nomor BBE G01001", Januari 1987.
2. ANONIM, [www.hwm.com](http://www.hwm.com)
3. ANONIM, Komunikasi pribadi penulis dengan staf HWM, 2007 s/d 2012.